

비구면 인공수정체와 구면 인공수정체 삽입 수술 후 수차 및 시기능 비교

안현석¹ · 김선웅² · 김응권¹ · 김태임¹

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능 개발연구소¹, 순천향대학교 의과대학 안과학교실²

목적: 백내장 수술을 시행하여 최근 개발된 아크릴 재료의 비구면 인공수정체인 Tecnis Z9003과 구면 인공수정체인 AcrySof SA60AT를 삽입한 두 군간의 수차를 비교하고 시기능의 개선 정도를 알아 보고자 하였다.

대상과 방법: 백내장 제거 후 비구면인공수정체(Tecnis Z9003)와 구면인공수정체(AcrySof SA60AT)를 삽입한 환자 50명(56안)을 대상으로 술 후 3개월째에 Ray tracing 방식과 Automatic retinoscope 방식의 두 가지 서로 다른 유형의 수차계를 사용하여 구면 수차 및 고위 수차를 비롯한 수차 분석을 시행하였으며 현성굴절검사, 대비감도검사, 변조전달기능을 측정하여 비교하였다.

결과: 비구면 인공수정체 삽입 군은 구면 인공수정체 삽입 군과 비교할 때 구면대응치, 최대교정시력에는 차이가 없었으며 구면 수차가 의미 있게 감소하였고 대비감도의 증가 및 변조전달기능의 증가를 나타내었다.

결론: 비구면 인공수정체인 Tecnis Z9003의 삽입은 각막이 가진 양의 구면 수차를 상쇄시킴으로써 대비감도 및 변조전달기능을 증가시켜 시기능의 개선을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

〈한안지 49(8):1248-1255, 2008〉

노령화 인구의 비율이 증가함에 따라 노화로 인한 시력 및 시기능의 저하를 극복하는 것은 안과 영역에서 더욱 중요한 과제로 떠오르고 있다. 수술 받지 않은 눈에서 시력 및 시기능의 저하는 주로 수정체의 변화에서 오는 경우가 대부분이며,¹ 특히 구면 수차의 증가가 시기능에 큰 영향을 미치게 된다. 노화가 진행된 눈에서는 젊은 연령의 눈보다 더 높은 구면 수차를 나타내는 데,² 이때 각막 표면의 구면 수차에는 큰 변화가 없는 반면 수정체가 본래 가지고 있던 음의 구면 수차를 잃거나 양의 구면 수차를 갖게 되면서 각막 표면이 가지고 있는 양의 구면 수차를 상쇄하지 못하게 되어 눈 전체의 구면 수차가 증가하게 된다.⁴⁻⁶

기존의 구면 인공수정체는 양의 구면 수차 값을 갖고

있기 때문에 백내장 수술을 시행하여 노화된 수정체를 인공수정체로 교체하더라도 여전히 수정체로 인한 구면 수차의 증가가 발생하게 되며,⁷⁻⁹ 구면 수차의 증가는 눈부심, 달무리, 빛 번짐 등의 증상을 야기하는 등 시기능의 저하로 나타나게 된다.¹⁰ 따라서 최근에는 인공수정체의 비구면 설계를 통해 구면 수차를 감소시켜 시기능을 개선시키는 방향으로의 개발이 많이 이루어지고 있다.¹¹

Tecnis 인공수정체(AMO)는 3-piece 형태의 인공수정체로써 장형의 전면부 표면을 변형시킴으로써 음의 구면 수차를 갖도록 설계되어 있으며 실리콘 재료의 Tecnis Z9000 모델을 이용하여 시기능의 개선을 보고한 연구들이 발표되었다.^{7,12-14} 본 연구의 목적은 최근 새롭게 개발된 아크릴 재료의 비구면렌즈인 Tecnis Z9003 (AMO, Santa Ana, CA) 모델과 가장 널리 사용되는 기존의 구면렌즈 중 하나인 AcrySof SA60AT (Alcon, Fort Worth, TX)의 술 후 수차 및 시기능을 비교하는 것이다. 이를 위해 서로 다른 두 가지 형태의 수차계를 사용하여 두 인공수정체 삽입군간의 술 후 구면 수차 및 고위 수차를 비교함과 동시에 대비감도검사와 변조전달기능(Modulation transfer function, MTF)을 측정하여 비교하였다.

〈접수일 : 2008년 1월 9일, 심사통과일 : 2008년 4월 15일〉

통신저자 : 김 태 임

서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 신촌세브란스병원 안과
Tel: 02-2228-3570, Fax: 02-312-0541
E-mail: tikim@yuhs.ac

* 본 논문의 요지는 2007년 American Academy of Ophthalmology 의 Annual Meeting에서 포스터 보고로 발표되었음.

대상과 방법

50명 56안이 연구 대상에 포함되었으며 이 중 구면 인공수정체군(Spherical group; AcrySof SA60AT 삽입군)이 29명 33안, 비구면 인공수정체군(Aspheric group; Tecnis Z9003 삽입군)이 21명 23안이었다. 백내장 초음파 유화술 및 인공수정체 안내삽입술을 시행 받은 환자들을 대상으로, 백내장 외에 다른 안과적 질환이 있는 경우나 시력에 영향을 미칠 수 있는 전신 질환이 있는 경우 및, 술 중 혹은 술 후 합병증이 발생하였거나 현저한 인공수정체 중심부 이탈이 발생한 경우에는 연구 대상에서 제외하였다. 대상 환자들은 무작위 할당을 통해 비구면 인공수정체(Tecnis Z9003) 삽입 군과 구면 인공수정체(AcrySof SA60AT) 삽입 군으로 구분 되었으며 두 명의 술자에 의해 표준화된 동일한 방법으로 수술을 시행하였다.

0.5% proparacaine hydrochloride(Alcaine, Alcon laboratories, Fort Worth, TX)를 사용하여 점안 마취 후, 3 mm 크기의 이측 투명각막 절개 창을 만들었으며 앞방 내 점탄물질 주입 후 26 G의 주사침과 앞방 절개용 집계를 사용하여 5.5 mm 크기로 수정체전낭 원형절개를 시행하였다. 수정체전낭 원형절개 후 평형염액을 사용하여 수력분리술을 시행하여 수정체 핵과 겔질을 분리하였고 수력 분층술을 시행하여 수정체 핵을 외핵과 내핵으로 분리하였다. 초음파를 이용한 수정체유화술을 사용하여 수정체 핵을 제거하였으며 남아있는 수정체 겔질은 관류흡입기를 이용하여 제거하였다. 수정체낭 내 잔류 수정체를 완전히 제거한 후 점탄물질을 주입하고 카트리지를 이용하여 인공수정체를 낭 내에 삽입하였으며 이후 관류흡입기를 통해 잔류 점탄물질을 제거하였다. 수술절개창은 봉합하지 않고 평형염액으로 절개창의 양쪽 끝에 부종을 일으켜 자체 폐쇄되도록 하였다. 수술직후 결막 밑에 항생제 주사를 시행하였다.

술 후 3개월째에 Ray tracing 방식인 iTrace (Tracey technology, Houston, TX)와 Automatic retinoscope 방식인 OPD scan (Nidek Co., Ltd.,

Aichi, Japan)의 두 가지 서로 다른 유형의 수차계를 사용하여 술 후 수차를 측정하였다. 검사는 조절을 막기 위해 암실에서, 동공 중심부 4 mm 영역 및 6 mm 영역에서 각각 시행 하였으며 6 mm 영역의 검사는 산동 후 검사하였다. 측정된 수차는 Zernike 상수로 표시하였으며, 구면 수차(spherical aberration, SA), 수직 및 수평 코마 수차(vertical and horizontal coma aberration, coma 7 and coma 8), 총 고위 수차의 RMS (Root mean square of total higher order aberrations: 3rd to 6th order, RMS HoA), 총 수차의 RMS (Root mean square of total aberrations, RMS Total)를 측정하였다. 각각의 수차 항목에 대해서는 측정에 사용한 두 수차계가 제공하는 기능을 이용하여 눈 전체의 수차(ocular aberration)와 안구 내 수차(internal aberration)를 따로 분석하였다.

술 후 3개월째에 현성 굴절검사로 구면대응치(spherical equivalent, SE) 및 최대교정시력(logMAR)을 측정하였으며 FACT 차트 방식의 Optec 6500(Stereo optical Co., Inc., Chicago, IL) 모델을 사용하여 대비감도 검사를 시행하였다. 대비감도 검사는 중등도조명시(mesopic condition: 3 cd)와 명소시(photopic condition: 85 cd)로 나누어 측정하였다. 그리고 iTrace를 사용하여 6 mm 영역에서의 변조전달기능(Modulation transfer function, MTF)을 측정하였다.

통계학적 분석은 SPSS 11.5 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL)를 사용하였다. 두 그룹 사이에서의 비교는 Student *t*-test로 하였다. 통계학적 유의성의 기준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

비구면 인공수정체 군과 구면 인공수정체 군간의 평균 나이, 술 후 3개월째의 구면대응치 및 최대교정시력에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

술 후 3개월째의 수차를 iTrace로 측정한 결과 각막 중심 4 mm 영역에서는 수직 코마 수차(coma 7)와 구

Table 1. Comparison of sex, age, manifest refraction, BCVA between spherical IOL-implanted group and aspherical IOL-implanted group

	Spherical	Aspherical	P
Sex (M:F)	12:17	10:11	
Age	61.30±13.69	59.43±15.32	0.634
MR* (SE [†])	-0.39±0.91	-0.70±0.53	0.151
BCVA [‡] (logMAR)	0.08±0.17	0.04±0.08	0.290

* MR=manifest refraction; [†] SE=spherical equivalent; [‡] BCVA=best corrected visual acuity.

Table 2. Comparison of ocular and internal aberrations measured by iTrace aberrometer between spherical IOL-implanted group and aspherical IOL-implanted group

Optic zone		Zernike's coefficients	Spherical	Aspherical	p
4 mm	ocular aberration	RMS Total [†]	0.601±0.339	0.671±0.485	0.527
		RMS HoA [‡]	0.306±0.163	0.360±0.279	0.410
		coma 7	-0.098±0.122	0.041±0.155	0.000*
		coma 8	0.024±0.124	0.049±0.104	0.430
		SA [§]	0.114±0.062	-0.002±0.073	0.000*
	Internal aberration	RMS Total	0.532±0.243	0.522±0.277	0.892
		RMS HoA	0.268±0.142	0.325±0.259	0.341
		coma 7	-0.115±0.106	0.008±0.119	0.000*
		coma 8	0.008±0.085	0.023±0.104	0.568
		SA	0.040±0.039	-0.058±0.066	0.000*
6 mm	ocular aberration	RMS Total	1.783±0.812	2.000±1.364	0.527
		RMS HoA	1.256±0.687	1.334±1.050	0.773
		coma 7	-0.348±0.429	-0.098±0.459	0.055
		coma 8	0.174±0.338	0.041±0.419	0.220
		SA	0.516±0.339	-0.048±0.292	0.000*
	Internal aberration	RMS Total	1.566±0.901	1.536±1.047	0.914
		RMS HoA	1.065±0.723	1.320±1.008	0.336
		coma 7	-0.303±0.450	-0.113±0.329	0.111
		coma 8	0.126±0.335	0.010±0.419	0.286
		SA	0.169±0.275	-0.328±0.257	0.000*

* $p<0.05$; [†] RMS Total=root mean square of total aberrations.; [‡] RMS HoA=root mean square of total higher order aberrations (3rd to 6th order); [§] SA=Spherical aberration.

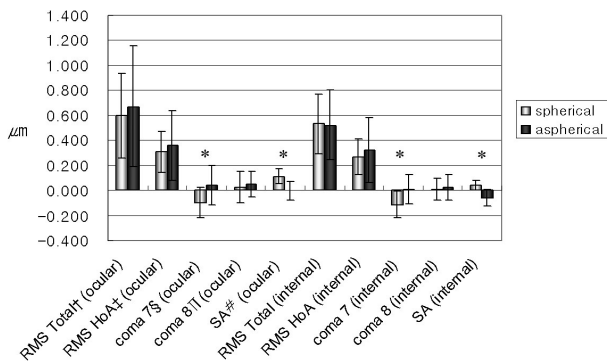


Figure 1. Ocular and internal aberrations of spherical and aspherical IOL-implanted groups at 4-mm pupil zone measured by iTrace. (* $p<0.05$; [†] RMS Total=root mean square of total aberrations; [‡] RMS HoA=root mean square of total higher-order aberrations from 3rd to 6th order; [§] 7th coma aberration; ^{||} 8th coma aberration; [#] SA=spherical aberration)

면 수차 항목의 눈 전체 수차(ocular aberration)와 수정체 부분 수차(internal aberration) 모두 비구면 인공수정체 군이 구면 인공수정체군 보다 더 낮게 측정되었으며($p<0.000$) 각막중심 6 mm 영역에서는 안구 전체 수차 및 수정체 부분 수차의 구면 수차 측정값이

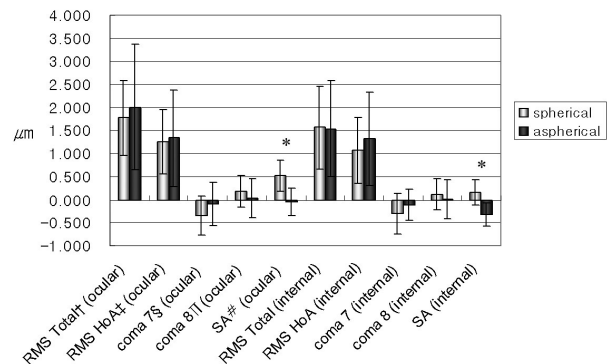


Figure 2. Ocular and internal aberrations of spherical and aspherical IOL implanted groups at 6-mm pupil zone measured by iTrace. (* $p<0.05$; [†] RMS Total=root mean square of total aberrations; [‡] RMS HoA=Root mean square of total higher order aberrations from 3rd to 6th order; [§] 7th coma aberration, ^{||} 8th coma aberration; [#] SA=spherical aberration)

비구면 인공수정체 군에서 더 낮게 측정되었고($p<0.000$), 다른 지표에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2, Fig. 1, 2).

술 후 3개월째의 수차를 OPD scan으로 측정한 결과 각막중심 4 mm 영역과 6 mm 영역 모두에서 비구

Table 3. Comparison of ocular and internal aberrations measured by OPD scan aberrometer between spherical IOL-implanted group and aspherical IOL-implanted group

Optic zone		Zernike's coefficients	Spherical	Aspherical	P
4 mm	ocular aberration	RMS Total [†]	0.802±0.553	0.792±0.390	0.937
		RMS HoA [‡]	0.319±0.184	0.374±0.345	0.440
		coma 7	0.046±0.081	0.031±0.109	0.541
		coma 8	0.017±0.113	0.009±0.073	0.783
		SA [§]	0.103±0.061	-0.022±0.053	0.000*
	Internal aberration	RMS Total	1.185±1.457	1.491±2.009	0.511
		RMS HoA	0.653±0.536	0.863±1.433	0.443
		coma 7	0.022±0.142	0.012±0.124	0.772
		coma 8	-0.002±0.139	-0.002±0.105	0.991
		SA	0.035±0.091	-0.110±0.163	0.000*
6 mm	ocular aberration	RMS Total	2.769±2.014	2.025±1.208	0.119
		RMS HoA	1.051±0.885	0.957±0.626	0.664
		coma 7	0.111±0.306	-0.045±0.392	0.101
		coma 8	0.044±0.299	0.019±0.130	0.709
		SA	0.416±0.235	-0.220±0.429	0.000*
	Internal aberration	RMS Total	2.412±1.564	1.851±1.079	0.140
		RMS HoA	1.438±1.076	0.925±0.619	0.039*
		coma 7	0.219±0.537	0.099±0.277	0.308
		coma 8	0.020±0.362	-0.019±0.199	0.634
		SA(internal)	0.074±0.268	-0.421±0.437	0.000*

* $p<0.05$; [†] RMS Total=root mean square of total aberrations; [‡] RMS HoA=root mean square of total higher order aberrations (3rd to 6th order); [§] SA=spherical aberration.

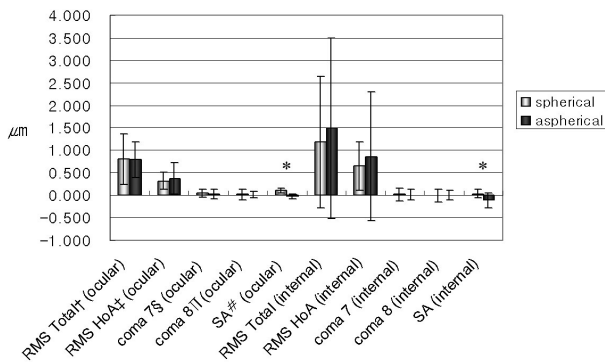


Figure 3. Ocular and internal aberrations of spherical and aspherical IOL implanted groups at 4 mm pupil zone measured by OPD scan. (* $p<0.05$; RMS Total=root mean square of total aberrations; [‡] RMS HoA=root mean square of total higher order aberrations from 3rd to 6th order; [§] 7th coma aberration; [¶] 8th coma aberration; [#] SA=spherical aberration).

면 인공수정체 군이 구면 인공수정체군 보다 더 낮은 구면 수차 측정값을 보였으며($p<0.000$), 6 mm 영역에서는 비구면 인공수정체군의 수정체 부분 고위 수차 RMS 값에서 구면 인공수정체군 보다 더 낮은 측정값을 보였고($p=0.039$), 다른 지표에서는 의미 있는 차

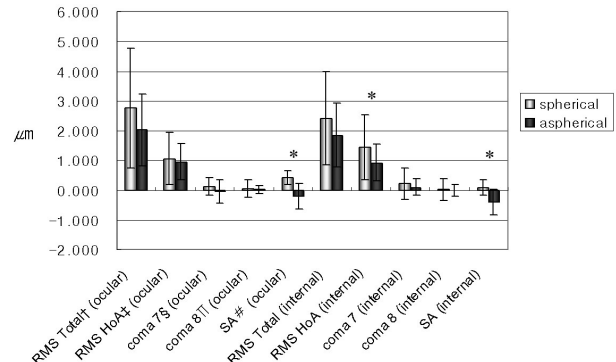


Figure 4. Ocular and internal aberrations of spherical and aspherical IOL implanted groups at 6-mm pupil zone measured by OPD scan. (* $p<0.05$; [†] RMS Total = root mean square of total aberrations; [‡] RMS HoA = root mean square of total higher order aberrations from 3rd to 6th order; [§] 7th coma aberration; [¶] 8th coma aberration; [#] SA=spherical aberration).

이를 보이지 않았다(Table 3, Fig. 3, 4)

두 군간의 술 후 3개월째의 대비감도 검사 결과 중등도조명시와 명소시의 모든 공간주파수 영역에서 비구면 인공수정체 군이 구면 인공수정체 군보다 더 나은 검사 결과를 나타내는 경향을 보였고, 이중 중등도조명시 검

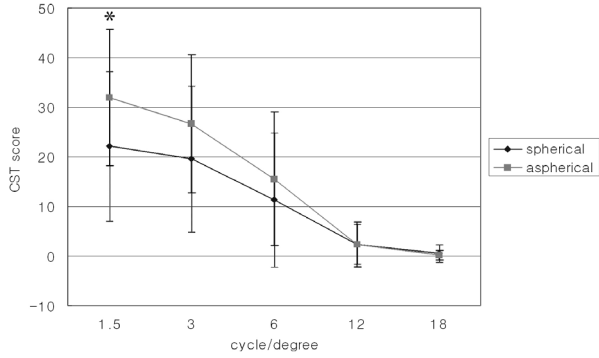


Figure 5. Contrast sensitivity test result of spherical and aspherical IOL-implanted groups in mesopic condition (* $p<0.05$).

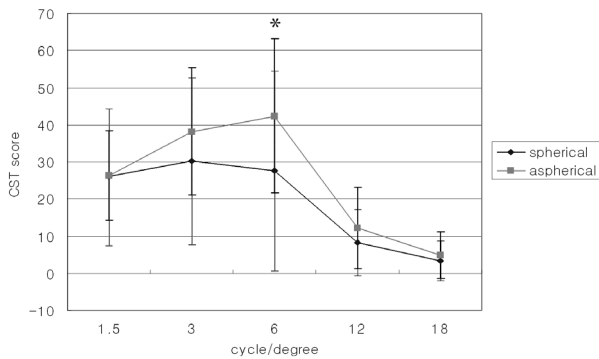


Figure 6. Contrast sensitivity test result of spherical and aspherical IOL-implanted groups in photopic condition (* $p<0.05$).

사의 1.5 공간주파수 영역(비구면 인공수정체군: 31.94 ± 13.71 /구면 인공수정체군: 22.1 ± 15.1)과 명소시의 6 공간주파수 영역(비구면 인공수정체군: 42.36 ± 20.72 /구면 인공수정체군: 27.7 ± 26.98)에서 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다($p=0.033$ / $p=0.038$)(Fig. 5, 6).

각막중심 6 mm 영역에서 측정한 술 후 3 개월째의 변조전달기능을 비교하였을 때, 측정된 모든 공간주파수 영역에서 비구면 인공수정체 군이 구면 인공수정체

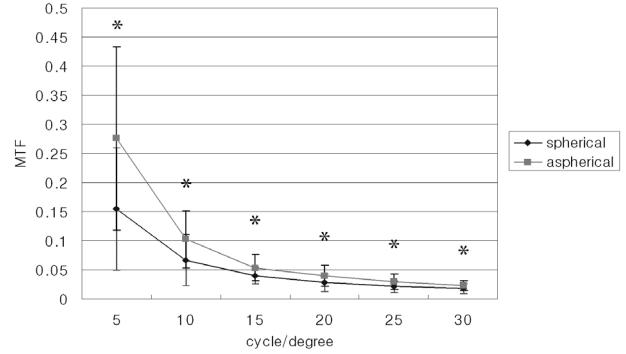


Figure 7. Modulation transfer function (MTF) of spherical and aspherical IOL implanted groups at 6-mm pupil zone (* $p<0.05$).

군 보다 유의하게 우수한 것으로 나타났다(Table 4, Fig. 7).

고 찰

웨이브프론트를 이용한 수차 분석은 주로 굴절교정 수술의 영역에서 도입된 개념이었으나 최근에는 인공수정체와 관련된 광학적 특성의 분석이나 기타 안질환의 검사에도 응용되는 등 임상적 중요성이 커지고 있으며 이에 따라 다양한 형태의 수차계가 개발되어 사용되고 있다.¹⁵ 본 연구에 사용한 Ray tracing 방식의 iTrace와 Automatic retinoscopy 방식의 OPD scan은 모두 각막지형도검사를 함께 수행함으로써, 눈 전체의 수차를 각막 표면의 수차와 안구 내 수차 부분으로 분리하여 표시해주는 기능을 가지고 있는데, 안구 내 수차는 백내장 수술을 받은 환자의 경우 인공수정체에 의한 수차로 해석할 수 있어 비교에 유용한 장점이 있다.

두 가지 수차계로 측정한 측정값 모두 비구면 인공수정체의 안구 내 구면 수차(iTrace: -0.058 ± 0.066

Table 4. Comparison of modulation transfer function measured by iTrace scan at 6 mm optic zone between spherical IOL-implanted group and aspherical IOL-implanted group

Spatial frequency	Spherical	Aspherical	P
5	0.156 ± 0.105	0.276 ± 0.158	0.005*
10	0.067 ± 0.045	0.103 ± 0.487	0.011*
15	0.040 ± 0.014	0.054 ± 0.022	0.020*
20	0.028 ± 0.014	0.040 ± 0.018	0.017*
25	0.022 ± 0.010	0.030 ± 0.013	0.017*
30	0.018 ± 0.009	0.023 ± 0.009	0.048*

* $p<0.05$.

$\mu\text{m}/\text{OPD scan}$: $-0.110 \pm 0.163 \mu\text{m}$)가 구면 인공수정체보다 의미 있게 낮은 값을 나타내는 동시에 음의 구면 수차를 나타내고 있다. 또한 이로 인해 눈 전체의 구면 수차(iTrace: $-0.002 \pm 0.073 \mu\text{m}/\text{OPD scan}$: $-0.022 \pm 0.053 \mu\text{m}$)도 구면 인공수정체에 비해 작은 값을 보이며 0 에 가까워지는 양상을 보이고 있는데, 본래 Tecnis IOL이 일반적인 각막의 평균 구면 수차를 $+0.27 \mu\text{m}$ 로 상정하고 이를 상쇄하기 위해 $-0.27 \mu\text{m}$ 의 구면 수차를 가지도록 설계된 점으로 미루어볼 때 어느 정도 설계 목적에 부합하는 결과를 보이고 있다 하겠다. 물론 백내장 수술 후 각막 수차의 변화 가능성에 대해서도 생각해 볼 필요가 있다. 백내장 수술로 인해서 각막 난시와 코마 수차, trefoil 수차가 증가할 수 있으며¹⁶⁻¹⁸ 특히 이러한 술 후 각막 수차의 변화는 비측 각막절개를 시행했을 경우 더 두드러지는 양상을 보인다.¹⁹ 그러나 구면 수차의 경우에는 수술 전후에 의미 있는 차이를 보이지 않으며^{19,20} 따라서 비구면 인공수정체를 사용하여 각막의 구면 수차를 상쇄함으로써 눈 전체의 구면 수차를 줄이려는 시도는 타당성을 갖는다고 할 수 있다.

구면 수차 외에 두 군 간에 통계학적인 차이를 보인 것은 iTrace 측정시의 눈 전체 및 안구 내 수직 코마 수차로써 비구면 인공수정체군($0.008 \pm 0.119 \mu\text{m}$)보다 구면 인공수정체군($-0.115 \pm 0.106 \mu\text{m}$)에서 의미 있게 큰 값을 나타내었다. 수직 코마 수차는 인공수정체의 낭내 수직 중심부 이탈과 연관성이 있는 것으로 알려져 있는데,¹⁶ 시축의 중심에 정확히 위치했을 때를 가정하고 설계된 비구면 인공수정체가 이론적으로는 구면 인공수정체에 비해 낭내 위치 이동이나 기울어짐으로 인한 영향을 더 크게 받을 수 있다.²¹ 실험실 환경에서 수정체 중심부 이탈로 인해 비구면 인공수정체의 코마 수차가 증가하였던 예가 있으며,^{22,23} Holladay et al¹¹은 0.4 mm 이상의 수정체 중심부 이탈이나 7도 이상의 기울어짐이 있을 경우에는 비구면 인공수정체에 의한 광학적 이점을 기대하기 어렵기 때문에 인공수정체를 정확히 중심에 위치시키기 어려운 경우에는 비구면 인공수정체를 삽입하지 않는 것이 좋다고 발표한 바 있다. 그러나 현재 표준화된 백내장 술식을 성공적으로 시행했을 경우 수정체 중심부 이탈이나 기울어짐을 조사한 최근의 연구들에서는 모두 수정체 중심부 이탈은 0.3 mm 이내, 기울어짐은 2.83도 이내로 그 크기가 크지 않았음을 알 수 있다.²⁴⁻²⁶ 또한 코마 수차 및 다른 고위 수차들은 난시나 구면 수차에 비해 개인별로 차이가 큰 편이며 시기능에 미치는 영향이 정확히 규명되지 않아^{6,13} 특별한 술 중 합병증 없이 수술을 마친 경우라면 수정체 중심부 이탈이나 기울어짐으로 인한 약간의

코마 수차 증가는 큰 고려 대상이 아니라고 생각된다. 더욱이 상기의 결과에서는 비구면 인공수정체 삽입군에서 더 적은 코마 수차를 보였으므로, 두 인공수정체 삽입군 사이의 코마 수차의 차이에 대한 정확한 원인을 단정하기 어렵다.

시기능의 평가를 위해서는 주관적 지표인 대비감도 검사와 우수한 재현성을 보이는 객관적 지표인²⁷ 변조 전달기능을 측정하여 비교하였는데, 대비감도 검사의 경우 중등도 조명시의 1.5 cpd 공간주파수($p=0.033$)와 명소시의 6 cpd 공간주파수($p=0.038$)에서 비구면 인공수정체가 구면 인공수정체보다 의미 있게 좋은 결과를 보였다. 이상의 결과는 Tecnis 비구면 인공수정체가 기존의 구면 인공수정체에 비해 시기능의 개선을 보였다는 기존의 연구 결과와^{7,12-14} 일관되어 있다. 그러나 연구자들에 따라 대비감도 검사에서 유의한 차이를 보이는 조명상태나 공간주파수 대역은 차이를 보이고 있는데, FACT 차트 방식의 대비감도 검사가 snellen 방식의 시력 측정만으로 알 수 없는 저 대비 시력을 평가하는데 우수한 검사 방식이기는 하나²⁸ 연구 대상 환자들이 고령의 노인들임을 감안할 때 피검자의 상태에 따라 결과의 차이를 보일 수 있다는 점을 간과할 수 없다. 객관적 측정 방식인 변조전달기능의 경우 이와 대조적으로 모든 공간주파수에서 통계적인 차이를 보였으며 비구면 인공수정체에 의한 시기능의 개선을 시사하는 소견이라 하겠다.

결론적으로 Tecnis Z9003 비구면렌즈는 음의 구면 수차를 가짐으로써 각막의 양의 구면 수차를 상쇄하여 눈 전체의 구면 수차를 0으로 수렴하는 광학적 특징을 가지고 있기 때문에 수정체 중심부 이탈이나 기울어짐의 요인이 없는 일반적인 백내장 수술을 시행했을 경우 기존의 구면 인공수정체보다 더 나은 시기능의 개선을 보일 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) Owsley C, Sekuler R, Siemsen D. Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Res* 1983;23:689-99.
- 2) McLellan JS, Marcos S, Burns SA. Age-related changes in monochromatic wave aberrations of the human eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001;42:1390-5.
- 3) Guirao A, Redondo M, Artal P. Optical aberrations of the human cornea as a function of age. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2000;17:1697-702.
- 4) Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, Howland HC. Changes in corneal wavefront aberrations with aging. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:1351-55.
- 5) Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P. Contribution of the cornea and internal surface to the change of ocular aberrations

- with age. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2002;19:137-43.
- 6) Artal P, Guirao A, Berrio E, Williams DR. Compensation of corneal aberrations by the internal optics in the human eye. *J Vis* 2001;1:1-8.
- 7) Mester U, Dillinger P, Anterist N. Impact of a modified optic design on visual function: clinical comparative study. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:652-60.
- 8) Rawer R, Stork W, Spraul CW, Lingenfelder C. Imaging quality of intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:1618-31.
- 9) Guirao A, Redondo M, Geraghty E, et al. Corneal optical aberrations and retinal image quality in patients in whom monofocal intraocular lenses were implanted. *Arch Ophthalmol* 2002;120:1143-51.
- 10) Chalita MR, Krueger RR. Correlation of aberrations with visual acuity and symptoms. *Ophthalmol Clin North Am* 2004;17:135-42.
- 11) Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, et al. A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes. *J Refract Surg* 2002;18:683-91.
- 12) Packer M, Fine IH, Hoffman RS, Piers PA. Prospective randomized trial of an anterior surface modified prolate intraocular lens. *J Refract Surg* 2002;18:692-6.
- 13) Bellucci R, Scialdone A, Buratto L, et al. Visual acuity and contrast sensitivity comparison between Tecnis and AcrySof SA60AT intraocular lenses: a multicenter randomized study. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:712-7.
- 14) Denoyer A, Lez ML, Majzoub S, Pisella P. Quality of vision after cataract surgery after Tecnis Z9000 intraocular lens implantation: Effect of contrast sensitivity and wavefront aberration improvements on the quality of daily vision. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:210-6.
- 15) Rozema JJ, Van Dyck D, Tassignon M. Clinical comparison of 6 aberrometers. Part I: Technical specifications. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:1114-27.
- 16) Marcos S, Barbero S, Jimenez-Alfaro I. Optical quality and depth-of-field of eyes implanted with spherical and aspheric intraocular lenses. *J Refract Surg* 2005;21:223-35.
- 17) Padmanabhan P, Yoon G, Porter J, et al. Wavefront aberration in eyes with acrysof monofocal intraocular lenses. *J Refract Surg* 2006;22:237-42.
- 18) Park I, Park C, Ryu K. Corneal Astigmatic Changes by Temporal Incision or Oblique Incision in Sutureless Cataract Surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 1995;36:1467-72.
- 19) Guirao A, Tejedor J, Artal P. Corneal aberrations before and after small-incision cataract surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:4312-9.
- 20) Barbero S, Marcos S, Jimenez-Alfaro I. Optical aberrations of intraocular lenses measured in vivo and in vitro. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2003;20:1841-51.
- 21) Atchison DA. Design of aspheric intraocular lenses. *Ophthalmic Physiol Opt* 1991;11:137-146.
- 22) Altmann GE, Nichamin LD, Lane SS, Pepose JS. Optical performance of 3 intraocular lens designs in the presence of decentration. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:574-85.
- 23) Wang L, Koch DD. Effect of decentration of wavefront-corrected intraocular lenses on the higher-order aberrations of the eye. *Arch Ophthalmol* 2005;123:1226-30.
- 24) Akkin C, Ozler SA, Montes J. Tilt and decentration of bag fixated lenses: a comparative study between capsulorrhexis and envelope techniques. *Doc Ophthalmol* 1994;87:199-209.
- 25) Mutlu FM, Bilge AH, Altinsoy HI, Yamusak E. The role of capsulotomy and intraocular lens type on tilt and decentration of polymethylmethacrylate and foldable acrylic lenses. *Ophthalmologica* 1998;212:359-63.
- 26) Hayashi K, Harada M, Hayashi H, et al. Decentration and tilt of polymethyl methacrylate, silicone, and acrylic soft intraocular lenses. *Ophthalmology* 1997;104:793-8.
- 27) Norrby NE, Grossman LW, Geraghty ED, et al. Determining the imaging quality of intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:703-14.
- 28) Ginsburg AP. Contrast sensitivity: determining the visual quality and function of cataract, intraocular lenses and refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:19-26.

=ABSTRACT=

Wavefront and Visual Function Analysis After Aspherical and Spherical Intraocular Lenses Implantation

Hyunseok Ahn, M.D.¹, Sun Woong Kim, M.D.²,
Eung Kweon Kim, M.D., Ph.D.¹, Tae-im Kim, M.D.¹

*Vision Research Institute, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon², Korea*

Purpose: To compare postoperative wavefront aberration and visual functions between aspherical Tecnis Z9003, a new acrylic aspheric intraocular lens (IOL), and spherical AcrySof SA60AT IOL.

Methods: Fifty patients (56 eyes) who underwent cataract extraction and were implanted with spherical or aspherical IOLs were randomly evaluated by wavefront analysis, including an examination of spherical aberration and higher-order aberrations using two different types of aberrometers (ray tracing and automatic retinoscope), manifested refraction, a contrast sensitivity test, and modulation transfer function (MTF), three months after surgery.

Result: There were no statistically significant differences of spherical equivalent and best-corrected visual acuity between the two different IOL groups. However, the aspherical IOL group showed less spherical aberration and better contrast sensitivity and MTF than the spherical IOL group.

Conclusions: Tecnis Z9003 could compensate for positive spherical aberrations of the cornea and improve contrast sensitivity and MTF, thereby improving visual function.

J Korean Ophthalmol Soc 49(8):1248-1255, 2008

Key Words: Aspheric intraocular lens, Contrast sensitivity, Modulation transfer function, Spherical aberration, Visual function

Address reprint requests to **Tae-im Kim, M.D.**

Department of Ophthalmology, EYE&ENT Hospital, Yonsei University Medical Center

#134 Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea

Tel: 82-2-2228-3570, Fax: 82-2-312-0541, E-mail: tikim@yuhs.ac